

# 基于SCI合著论文的 中美纳米科技合作分析

叶选挺 博士生 刘云 教授(北京理工大学管理与经济学院  
北京 100081)

中图分类号:G 311 文献标识码:A

**内容摘要:** 纳米科技作为一门交叉性很强的综合学科,其研究内容涉及了现代科技的诸多领域,已引起各国政府、学术界和工业界的共同重视。通过跨国研究,有利于提升我国在该领域的研究水平。为了分析中美在纳米科技领域的合作情况,文章从总体情况、机构分布、学科分布、引文分析四个维度对中美合著论文进行了分析,以期政府制定政策、研究学者寻求合作伙伴提供量化的参考依据。

**关键词:** 纳米科技 中美合作 文献计量

纳米科技作为一门交叉性很强的综合学科,其研究内容涉及了现代科技的诸多领域,已引起各国政府、学术界和工业界的共同重视。我国在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》里把纳米科技视作重要的战略研究领域,给予政策和资金的重点支持。从发表的学术论文数量来看,我国在纳米科技领域每年均保持了20%的增长率,目前论文总数仅排在美国之后。从我国纳米科技领域的学术论文来看,主要的合作伙伴为美国、德国、法国、英国、日本等。其中,美国作为最重要的合作伙伴,通过与其开展合作研究,对于提升我国纳米科技领域相关技术的研究水平具有重要作用。本文对中美在纳米科技领域的合著论文进行分析。

## 数据方法

科学引文索引网络扩展版(SCI Expanded,简称SCI)广泛应用于科学计量的相关研究,由于包括了众多有重要影响的自然科学期刊,被认为是开展文献计量研究的重要数据来源之一。本文选取SCI数据库作为文献数据的检索源,检索时段为2000-2009年。由于纳米科技领域

的学科交叉性很强,包括化学、材料科学、物理学等众多学科,很难用简单的检索式进行检索。综合相关的研究文献,为了较好地覆盖纳米科技的相关研究领域,本文采用美国佐治亚理工学院Porter等教授定义的检索式(Porter et al., 2008)。依据这一检索式,最终确定中美在纳米科技领域合著发表的SCI论文共有5381篇。

## 总体情况

从我国在纳米科技领域发表的SCI国际合著论文的总体情况来看,美国无疑是最重要的一个合作伙伴。2000-2009年,共有5381篇中美合著论文被SCI收录,这些论文占美国纳米科技领域国际合著论文总数的10.9%,占美国纳米科技领域论文总数的4.1%。除美国之外,日本、德国、新加坡、澳大利亚、英国也与我国开展了较多的合作,合著论文篇数均高于1000篇。但是就合作的紧密程度而言,我国与新加坡和澳大利亚的合作要更高些,与我国合著论文分别占其国际合著论文总数的36.5%和20.6%,在纳米科技领域,我国为其主要的合作对象(见表1)。

如图1所示,从2000年至2009年,在纳米科技领域,我国与美国的合著论文数量总体上升态势明显,从最初的126篇上升到1238篇,增长了将近10倍,彰显了我国和美国在该领域合作强度的日益提升。从比重方面来看,中美合著论文占我国国际合著

论文的比重逐步提高,从最初的25.6%上升到了37.3%,中美合著论文占我国论文总量的比重基本持平,从最初的4.7%上升到了6.6%,变动不大。毫无疑问,美国作为世界上经济和科技最发达的国家之一,在纳米科技领域与我国具有紧密的合作关系,美国是我国提升纳米研究水平和质量的一个重要的合作对象。

## 机构分布

表2列出了发表论文数量前十位的国内研究机构与国内及美国相关研究机构的合作情况。如表2所示,中科院通过与美国的研究机构开展合作,在纳米科技领域共发表SCI论文1375篇,主要的国内合作对象为清华大学(75篇)、北京大学(41篇)和南京大学(32篇),主要的美国合作对象为佐治亚理工学院(54篇)、橡树岭国家实验室(53篇)和华盛顿大学(41篇),2007年之后发表的中美合著论文数占总篇数(1375篇)的比重为50%。纵观全部前十位研究机构的情况,主要的国内合作机构集中在清华大学、北京大学和中国科学院,这三家机构在我国乃至国际纳米科技领域有着很强的研究基础和实力;主要的美国研究机构有佐治亚理工学院、加州大学等,由于不同机构选择的合作对象不同,分布的侧重性并不明显。

图2采用MDS(Multidimensional scaling)的方法分析了论文数量前20名的机构合作网络图。MDS分析方法是一种多方差分析方法,利用它可以直观地了解整个机构合作网络的合作情况。图2中点的

表1 我国纳米科技领域主要国际合著论文合作国别/地区(前20位)

| 国家/地区  | 论文总数   | 国际合著论文数 | 与中国合著论文数 | 与中国合著论文数占国际合著论文数的比重 | 与中国合著论文数占论文总数的比重 |
|--------|--------|---------|----------|---------------------|------------------|
| 美国     | 131613 | 49489   | 5381     | 10.9                | 4.1              |
| 日本     | 56810  | 17153   | 2555     | 14.9                | 4.5              |
| 德国     | 50294  | 27070   | 1544     | 5.7                 | 3.1              |
| 新加坡    | 7665   | 3166    | 1155     | 36.5                | 15.1             |
| 澳大利亚   | 9640   | 5046    | 1039     | 20.6                | 10.8             |
| 英国     | 29969  | 17118   | 1013     | 5.9                 | 3.4              |
| 加拿大    | 14878  | 6919    | 792      | 11.4                | 5.3              |
| 韩国     | 25982  | 8533    | 782      | 9.2                 | 3                |
| 法国     | 32997  | 18727   | 701      | 3.7                 | 2.1              |
| 瑞典     | 8015   | 4937    | 460      | 9.3                 | 5.7              |
| 中国台湾地区 | 14294  | 3715    | 420      | 11.3                | 2.9              |
| 荷兰     | 8970   | 5171    | 202      | 3.9                 | 2.3              |
| 意大利    | 19637  | 9931    | 191      | 1.9                 | 1                |
| 比利时    | 6326   | 4185    | 181      | 4.3                 | 2.9              |
| 西班牙    | 16326  | 8975    | 154      | 1.7                 | 0.9              |
| 瑞士     | 9555   | 5828    | 146      | 2.5                 | 1.5              |
| 俄罗斯    | 19113  | 9076    | 145      | 1.6                 | 0.8              |
| 以色列    | 5948   | 3022    | 120      | 4                   | 2                |
| 印度     | 20496  | 5493    | 114      | 2.1                 | 0.6              |
| 丹麦     | 3475   | 2258    | 92       | 4.1                 | 2.6              |

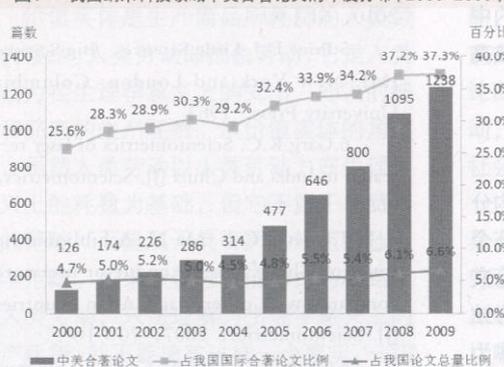
表2 我国纳米科技领域中美合著论文机构分析(前10位)

| 国内机构(前10位)  | 国内合作机构(前3位)                            | 美国合作机构(前3位)  | 2007年后发表论文比重 |
|-------------|--|--|--------------|
| 中国科学院[1375] | 清华大学 [75]<br>北京大学 [41]<br>南京大学 [32]    | 佐治亚理工学院 [54]<br>橡树岭国家实验室 [53]<br>华盛顿大学 [41]              | 50% of 1375  |
| 清华大学[388]   | 中国科学院 [75]<br>宁波理工学院 [16]<br>北京大学 [13] | 伊利诺伊大学 [42]<br>伦塞勒综合技术研究所 [32]<br>中佛罗里达大学 [27]           | 50% of 388   |
| 北京大学[342]   | 中国科学院 [41]<br>清华大学 [13]<br>香港中文大学 [8]  | 德雷塞尔大学[48]<br>佐治亚理工学院 [27]<br>内布拉斯加大学 [25]               | 58% of 342   |
| 南京大学[218]   | 中国科学院 [32]<br>北京大学 [7]<br>复旦大学 [6]     | 田纳西大学 [31]<br>北卡罗来纳大学 [15]<br>加州大学 - 伯克利分校 [12]          | 48% of 218   |
| 复旦大学[209]   | 中国科学院 [15]<br>上海交通大学 [11]<br>南京大学 [6]  | 西北太平洋国家实验室 [12]<br>洛斯阿拉莫斯国家实验室 [10]<br>加州大学 - 圣巴巴拉分校 [9] | 58% of 209   |
| 浙江大学[188]   | 中国科学院 [15]<br>香港城市大学 [4]<br>香港理工大学 [4] | 马萨诸塞大学 [12]<br>加州大学 - 洛杉矶分校 [10]<br>佐治亚理工学院 [9]          | 75% of 188   |
| 香港大学[172]   | 中国科学院 [8]<br>清华大学 [5]<br>香港科技大学 [5]    | 佐治亚医学院 [78]<br>加州大学 - 河滨分校 [10]<br>北卡罗来纳州立大学 [10]        | 34% of 172   |
| 上海交通大学[171] | 中国科学院 [20]<br>复旦大学 [11]<br>烟台大学 [8]    | 史蒂文斯理工学院 [25]<br>辛辛那提大学 [12]<br>密歇根大学 [12]               | 60% of 171   |
| 吉林大学[143]   | 中国科学院 [15]<br>东北师范大学 [5]<br>北京大学 [2]   | 德雷塞尔大学 [43]<br>纽约州立大学 [18]<br>德州理工大学 [5]                 | 54% of 143   |
| 中国科技大学[133] | 中国科学院 [15]<br>合肥工业大学 [4]<br>香港中文大学 [3] | 德州大学 [10]<br>华盛顿大学 [9]<br>密苏里大学 [7]                      | 52% of 133   |

表3 我国纳米科技领域中美合著论文按学科合作效果分析

| 学科名称  | 中美合著<br>论文数 | 被引频次<br>总数 | 平均被引<br>频次 | 零被引<br>论文比率 | 高被引<br>论文比率 | PEI |
|-------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-----|
| 材料科学  | 2573        | 13092      | 5.1        | 29.2        | 26.7        | 0.9 |
| 化学    | 2294        | 14194      | 6.2        | 27.7        | 31.0        | 1.1 |
| 物理学   | 645         | 3345       | 5.2        | 31.6        | 24.7        | 0.9 |
| 生物医学  | 594         | 4382       | 7.5        | 28.3        | 29.6        | 1.3 |
| 工程科学  | 293         | 1099       | 3.1        | 32.8        | 18.1        | 0.7 |
| 临床医学  | 219         | 1433       | 6.3        | 28.8        | 32.9        | 1.2 |
| 计算机科学 | 155         | 364        | 2.6        | 47.1        | 14.8        | 0.4 |
| 环境科学  | 86          | 469        | 5.5        | 27.9        | 30.2        | 1.0 |
| 农学    | 59          | 160        | 2.7        | 40.7        | 10.2        | 0.5 |
| 地球科学  | 56          | 109        | 1.9        | 41.1        | 8.9         | 0.4 |
| 神经科学  | 40          | 248        | 6.2        | 22.5        | 37.5        | 1.1 |
| 生态学   | 39          | 154        | 3.9        | 35.9        | 20.5        | 0.7 |
| 传染病学  | 37          | 165        | 4.5        | 32.4        | 21.6        | 0.8 |

图1 我国纳米科技领域中美合著论文的年度分布(2000-2009)



大小由指标Betweenness Centrality决定,该指标可以测量一个节点在多大程度上位于网络中其他节点的“中间”,以确定该节

点对网络整体的控制作用以及在网络中的重要程度。从图2中可以看出,中国科学院明显在整个机构合作网络中处于中心地位。从合作群的角度来看,我们发现在这个机构合作网络中有四个合作强度较大的合作群落,分别为中科院、北京大学、清华大学和加州大学伯克利分校;密西根大学、上海交通大学和浙江大学;香港城市大学、伊利诺伊大学和亚利桑那州立大学;田纳西大学、南京大学和宾州州立大学。相比之下,前两组合作群落在这个机构合作网络中占有更重要的地位。尤其是

中科院、北京大学、清华大学和加州大学伯克利分校之间进行了较为深入和广泛的合作,发表大量的纳米科技领域的合著论文。

### 学科分布

科技文献的学科扩散及分布是科学计量研究的重要目的之一,为了分析中美纳米科技领域合著论文的学科扩散及分布情况,本文基于Rafols和Leydesdorff等学者关于科技地图的相关研究,绘制了中美纳米科技合著论文的学科交叉网络。

图3中的每一个顶点分别代表了论文所属的一个SCI学科子类(SCI数据库共有175个学科子类),虚框标签的内容显示了这175个学科子类通过聚类分析后的学科门类,分别为化学、材料科学、物理学、计算机科学、临床医学、普通医学、传染病学、生物医学、生态学、农学、环境科学、地球科学、农学、神经科学和工程科学。顶点的大小表示该学科子类论文的数量,顶点越大则代表论文数量越大。如图3所示,中美纳米科技领域合著论

文主要分布在材料科学和化学两个大的学科门类下,其次为物理学、工程科学及生物医学等学科门类。从图3来看,中美纳米科技领域合著论文学科分布较广,涵盖了所有的学科门类,具有较强的学科交叉性。

### 引文分析

我国的纳米科技文献发表数量增长迅速,与此同时,这些文献的被引率也正在逐步提升。从整体上来看,我国科技文献的总体被引率还落后于西方主要发达国家。但是,随着国际科技合作进一步深化,越来越多的我国学者与国外学者一起合作发表论文,这些论文发表在各自领域的高影响因子期刊上,这种国际合作,将提升我国科技文献的影响及质量。

图4和图5按照机构和学科类别分别分析了中美合著论文和非国际合著论文的平均被引情况。如图4所示,从发表中美合著论文数量前十位的国内机构来看,通过与美国开展国际合作,论文的平均被引频次有着质的提升,平均增长率达到了76.1%。其中,浙江大学和吉林大学增长的幅度最大,香港大学的中美合著论文平均被引频次最高。具体来看,浙江大学发表的中美合著论文的平均被引频次从2.6次增长到5.6次,增长率达到了114%,吉林大学发表的中美合著论文的平均被引频次从2.8次增长到5.5次,增长率达到了97.8%。显然,这些机构通过与美国开展合作研究,使得论文的影响力得到了很大的提升。

如图5所示,从中美合著论文的学科门类来看,通过与美国开展国际合作,神经科学领域论文的平均被引频次增幅极为明显,增长率达到了414.4%,表明该领域论文的影响力得到了有力的提升。除此之外,物理学、生物医学、生态学论文平均被引频次的增幅都比较明显,增长率分别达到139.7%,120.7%和132.2%。

对于纳米科技领域中美合著论文的影响情况,本文从论文引用的角度,利用相关指标,按照论文的学科分类对论文的质量进行了分析。主要用到的指标包括论文被引用总次数、平均被引用次数、零被引论文率、高被引论文率、论文效率指数(Publication Efficiency Index, PEI)

论文效率指数由Price(1963)提出,是一个分析研究论文投入产出效率的指标,它被用来分析某个领域中不同国家论文的相对影响力。Garg(2002)和Guan, Ma

图2 我国纳米科技领域中合著论文机构合作网络 (前20位)

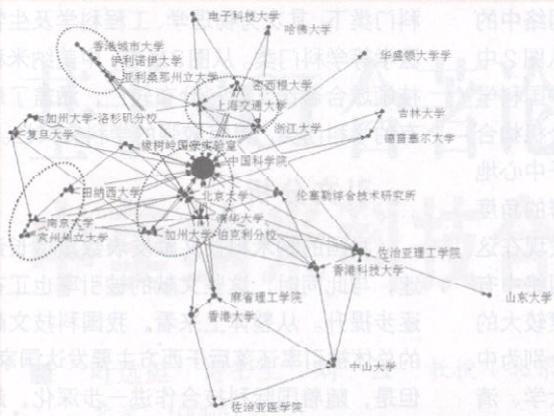


图3 我国纳米科技领域中合著论文学科交叉网络

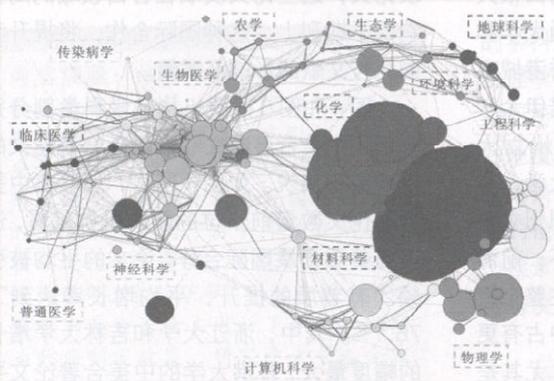


图4 我国纳米科技领域中合著论文国内按机构引文分析 (前10位)

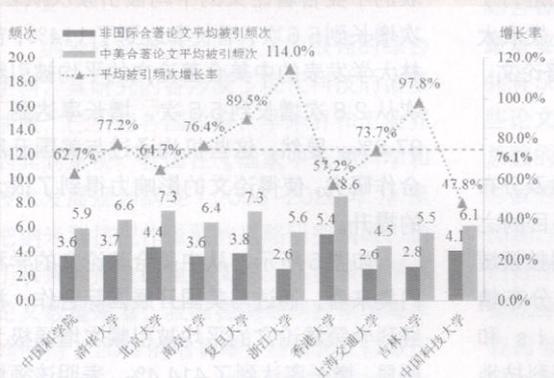
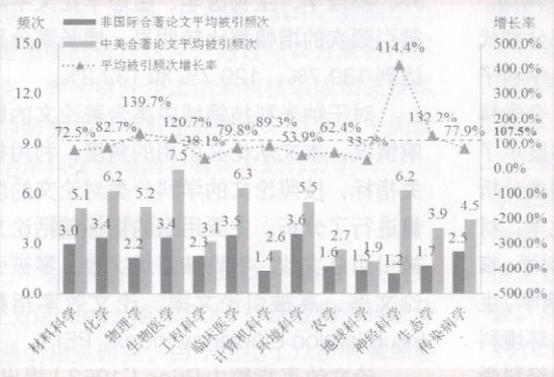


图5 我国纳米科技领域中合著论文按学科引文分析



的相对影响力。具体指标数值由下式得到：

$$PEI = \frac{TNC_i / TNC}{TNP_i / TNP}$$

其中， $TNC_i$ 表示第*i*个学科论文的总被引用次数； $TNC$ 表示所有学科论文的总被引用次数； $TNP_i$ 表示第*i*个学科发表的论文数量； $TNP$ 表示所有学科总共发表的论文数量。PEI的数值大于1表示该学科的中美纳米科技合著论文有相对较好的影响力。

表3列出了材料科学、化学、物理学、生物医学等13个学科领域的被引用情况和PEI值。从平均被引用次数来看，生物医学、临床医学、化学、神经科学四个领域的中美合著论文平均被引频次最高，均超过了6.0次/每篇，其中化学领域的论文数量较大，还能有如此高的平均被引频次，表明化学领域的中美纳米科技合著论文的质量普遍较高，研究成果获得广大学术界同行的认可。从零被引论文比率来看，神经科学的这一比率最小，为22.5%，而计算机科学的这一比例最大，达到了47.1%。从高被引论文比率(被引频次超过6次)来看，效果最好的是神经科学，达到了37.5%，最低的是地球科学，为8.9%。从PEI值来看，临床医学、化学、神经科学、环境科学的PEI值大于1，相对于其他领域的论文有较好的影响力。综合这几个指标来看，化学、神经科学领域的中美纳米科技合著论文具有较高的影响力，论文质量较高。

结论

本文从总体情况、机构分布、学科分布、引文分析几个维度对中美纳米科技合著论文进行了分析。综合分析的结果，得出以下结论：美国作为世界上经济和科技最发达的国家之一，在纳米科技领域与我国具有紧密的合作关系，美国无疑是我国提升纳米研究水平和质量的一个重要的合作对

象；主要的国内合作机构集中在清华大学、北京大学和中国科学院，这三家机构在我国乃至国际纳米科技领域有着很强的研究基础和实力；主要的美国研究机构有佐治亚理工学院、加州大学等，由于不同机构选择的合作对象不同，分布的侧重性并不明显；中美纳米科技领域合著论文学科分布较广，涵盖了所有的学科门类，具有较强的学科交叉性，具体而言这些论文主要分布在材料科学和化学两个大的学科门类下，其次为物理学、工程科学及生物医学等学科门类；通过开展中美合作，纳米科技领域的论文影响力得到了明显的提升，其研究成果得到了国际上学术界同行的认可。

从本文的分析来看，与美国开展合作，共同发表论文，有利于提高我国纳米科技论文的影响力，提升我国纳米科技研究水平，从而提升我国在这一领域的综合竞争力。

参考文献：

- Porter A.L., Youtie J., Sapiro P. and Shoeneck D.J. Refining Search Terms for Nanotechnology [J]. Journal of Nanoparticle Research, 2008, 10 (5)
- Leydesdorff L., Rafols I. A global map of science based on the ISI subject categories [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2009, 60 (2)
- Rafols I., Meyer M. Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience [J]. Scientometrics, 2010, 82 (2)
- Rafols I., Porter A.L., and Leydesdorff L. Science overlay maps: A new tool for research policy and library management [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2010, 61 (9)
- Price D.J. Little Science, Big Science [M]. New York and London: Columbia University Press, 1963
- Garg K.C. Scientometrics of laser research in India and China [J]. Scientometrics, 2002, 55 (1)
- Guan J.C., Ma N. A bibliometric study of China's semiconductor literature compared with other major Asian countries [J]. Scientometrics, 2007, 70 (1)
- Guan J.C., Ma N. China's emerging presence in nanoscience and nanotechnology: A comparative bibliometric study of several nanoscience giants [J]. Research Policy, 2007, 36 (6)

(2004, 2007)在其研究中都用了该指标。本文对该指标进行了一定的修改，使得其能测度不同学科中美纳米科技合著论文

在其研究中都用了该指标。本文对该指标进行了一定的修改，使得其能测度不同学科中美纳米科技合著论文